

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 31 525.6

**Anmeldetag:** 12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** RENK Aktiengesellschaft,  
Augsburg/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Schlupf-  
simulation auf Fahrzeugprüfständen

**IPC:** G 01 M 17/007

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. März 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

102 31 525.6

5

10

15

RENK AG, Augsburg

### **Verfahren und Vorrichtung zur Schlupfsimulation auf Fahrzeugprüfständen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Schlupfsimulation auf Fahrzeugprüfständen gemäß den Patentansprüchen 1 und 11.

20

Zur Erprobung von Antiblockiersystemen (ABS) an Bremsen, Antischlupfregel-  
einrichtungen (ASR) an Antriebssystemen oder Elektronischen Stabilitätsprogram-  
men (ESP) zur Verhinderung von Schleudern ist es allgemein bekannt, die ent-  
sprechend ausgestatteten Fahrzeuge über Teststrecken zu fahren. Dazu gibt es  
25 Slalomkurse, Kreiskurse oder schräge Ebenen, welche stellenweise verschiedene  
Fahrbahnbeläge aufweisen können und der Reibungskoeffizient bei Bedarf partiell  
durch Wasser herabgesetzt werden kann. Damit ist es beispielsweise möglich, an  
den beiden Spuren eines Fahrzeuges unterschiedliche Reibungsverhältnisse zu  
schaffen und an einer Antriebsseite gezielt Schlupf zwischen Reifen und Fahrbahn  
30 zu erzeugen. Beim Befahren derartiger Kurse kann das Fahrzeug gezielt zum  
Schleudern gebracht werden, so daß die Wirksamkeit der entsprechenden Fahr-  
zeugsysteme getestet werden kann.

Solche Testfahrten sind jedoch gefährlich für die Fahrer und aufgrund der wech-  
selnden Umgebungsbedingungen bzw. der unterschiedlichen Leistungen der sel-  
ben Fahrer bei verschiedenen Fahrten nicht reproduzierbar, so daß diese Tests  
35 nur grobe Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung solcher Fahrzeug-Sicherheits-  
Systeme geben können.

An Fahrzeugprüfständen, wie beispielsweise Rollen- oder Flachbahnprüfständen können an den verschiedenen Rädern unterschiedliche Beläge mit verschiedenen Reibungskoeffizienten vorgesehen werden und zur Herabsetzung des Reibungskoeffizienten kann zwischen Reifen und Prüfoberfläche Wasser eingebracht werden. Dazu müssen alle Prüfstandseinrichtungen korrosionsfest ausgeführt werden und aufwendige Zuführungen und Auffangeinrichtungen für das Wasser vorgesehen werden. Zur Veränderung der Basis-Verhältnisse an den verschiedenen Rädern muß der komplette Prüfstand umgebaut, bzw. die Beschichtungen der Prüflflächen müssen ausgetauscht werden. Die Veränderung der Reibungskraft, welche die maximale Zugkraft eines Rades begrenzt, über die Veränderung des Reibungskoeffizienten ist schwierig und läßt sich nicht exakt einstellen, außerdem ist aufgrund des Zeitverzugs beim Abtrocknen der Oberflächen nur ein statischer Testbetrieb möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, zur Veränderung der Reibungskraft zwischen einem Rad und einer Prüfoberfläche nicht notwendigerweise den Reibungskoeffizienten verändern zu müssen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche 1 und 11 gelöst.

20

Durch erfindungsgemäße Vorrichtungen lassen sich in besonders einfacher Weise die übertragbare Zugkraft einzelner Räder beeinflussen und beliebige Lastverteilungen auf die verschiedenen Räder simulieren wie sie beim Schleudern, Bremsen oder Beschleunigen eines Fahrzeuges auftreten.

Aufgrund der Laborumgebung auf den Prüfständen lassen sich alle Testläufe mit identischen Einstellungen beliebig wiederholen – sind also reproduzierbar.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung sind in besonders vorteilhafter Weise sowohl stationäre als auch dynamische Testabläufe möglich.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen lassen sich durch eigene Steuerungs- und/oder Regeleinrichtungen ansteuern und regeln oder können in vorteilhafter Weise in eine vorhandene Prüfstandssteuerung eingebunden werden.

Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen in Verbindung mit der Beschreibung.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Die Fig. 1 zeigt ein Rad 31 eines Fahrzeuges 30 auf einer Prüfrolle 20 stehend. Die dargestellte Prüfrolle ist eine sogenannte Scheitelrolle, bei welchen die Räder etwa im Scheitelbereich der Rolle abrollen. Denkbar sind jedoch auch an-

dere Prüfoberflächen, wie beispielsweise Flachbahnen. Mit dem Begriff Prüfrolle sind in der nachfolgenden Beschreibung auch alle anderen denkbaren Prüfoberflächen mit eingeschlossen. Die Prüfrolle 20 ist vorzugsweise in einer Grube unterhalb des Fahrzeuges 30 angeordnet und kann das Rad 31 antreiben oder bremsen. Dafür kann eine Prüfstandssteuerung vorgesehen werden, welche durch Ansteuern unterschiedliche Lasten (Antreiben, Bremsen) an einer Prüfrolle 20 einstellen kann, um verschiedene Fahrzustände wie Beschleunigen, Bergabfahrt, Verzögern des Fahrzeuges 30 usw. zu simulieren. Die Prüfstandseinrichtung ist vorzugsweise eine Standard-Ausführung wie sie üblicherweise zur Prüfung von Fahrzeugen vorgesehen wird. Die theoretische Fahrtrichtung des Fahrzeuges 30 verläuft in die Bildebene hinein bzw. heraus, durch eine Strich-Punktlinie ist die Drehachse 15 des Rades 31 dargestellt.

Damit das Fahrzeug 30 nicht von der Prüfrolle 20 herunterfährt wird das Rad 31 von einer Hebe-/Senkvorrichtung 1 in Fahrtrichtung sowie quer dazu fixiert. Die Hebe-/Senkvorrichtung 1 ist dazu durch einen Radadapter 2 mit der Radnabe verbunden. Der Radadapter 2 wird vorzugsweise mittels spezieller Radschrauben, welche einerseits das Rad 31 auf die Nabe spannen und andererseits jeweils ein weiteres Gewinde besitzen, an der Felge des Rades 31 befestigt. Andere Befestigungsmittel sind selbstverständlich auch möglich. Der Radadapter 2 ist mit einem, beispielsweise kegelförmigen, Fortsatz versehen, der von einer Lagereinheit 4 aufgenommen und in radialer wie axialer Richtung fixiert wird. Die Lagereinheit 4 erlaubt das Drehen des Rades 31 um seine Drehachse 15, wobei die Lagerreibung bei Prüfstandsläufen berücksichtigt werden kann.

Die Lagereinheit 4 ist ihrerseits um eine Achse 3 drehbar an starren Lenkern 5 befestigt, so daß Spuränderungen am Rad 31 möglich sind, wie sie beispielsweise beim Einfedern, aufgrund der Fahrwerkskinematik, oder beim Lenken auftreten können. Die Lenker 5 sind - wie aus Ansicht A gemäß Fig. 2 hervorgeht - vorzugsweise als Dreieckslenker ausgeführt und an einer Halterung 7 befestigt. Zur Erhöhung der Steifigkeit können auch weitere Streben vorgesehen werden. Die Halterung 7 ist - um eine Schwenkachse 16 drehbar - in Gelenkböcken 6 gelagert. Durch den Freiheitsgrad um die Schwenkachse 16 kann das Rad 31 verschiedene Sturzwinkel einnehmen, wie sie von unterschiedlichen Fahrzeugen 30 vorgegeben werden oder sich beim Einfedern, bedingt durch die Fahrwerkskinematik, verändern. In Fig. 2 sind durch einen Doppelpfeil die von der Prüfrolle 20 vorgegebenen Fahrtrichtungen R dargestellt. Die Ausrichtung des Rades 31 kann je nach Lenkeinschlag oder Spureinstellung des Fahrzeuges 30 auch geringfügig davon abweichen.

Die Gelenkböcke 6 sind auf einer Platte angeordnet, welche durch Linearführungen 8 in der Höhenverstellrichtung Y beweglich ist und sich durch einen Linearantrieb 10 in der Höhe verstellen läßt. Die Gelenkböcke 6 können auch direkt an den Linearführungen 8 angeordnet sein. Zum Ankoppeln des - mit dem Radadapter 2 versehenen - Rades 31 kann die Lagereinheit 4 mit dem Linearantrieb 10 auf die Höhe der Drehachse 15 gebracht und in Seitenverstellrichtung X auf den Radadapter 2 aufgeschoben werden, wo er arretiert wird.

Beim Anheben wird die Aufstandskraft  $F_A$  des Rades 31 auf den Linearantrieb 10 verlagert, der sich über einen Stützbock 9 an einer Grundplatte 12 abstützt. Die Grundplatte 12 ist mittels Befestigungsmitteln 13 – vorzugsweise am Boden – fixiert. Zur Verstellung der Position des Stützbocks 9 in Seitenverstellrichtung X können an der Grundplatte 12 entsprechende Führungen sowie ein Verstellantrieb, wie z.B. eine Verstellspindel 11 vorgesehen werden. Damit kann die Hebe-/Senkvorrichtung 1 auf unterschiedliche Spurweiten verschiedener Fahrzeuge 30 angepaßt werden oder das Fahrzeug 30 kann auf der Prüfoberfläche 20 seitlich versetzt werden.

Zur Ausrichtung des Rades 31 auf dem Scheitel der Prüfrolle 20 kann die Grundplatte 12 bei gelösten Befestigungsmitteln 13 mittels einer Verstelleinrichtung 17 in Fahrtrichtung R verschoben werden.

Zur Ermittlung der von der Hebe-/Senkvorrichtung 1 übernommenen Haltekraft sind am Linearantrieb 10 Meßmittel, wie beispielsweise eine Kraftmeßdose 14, vorgesehen.

Zur Ermittlung der - durch die Masse des Fahrzeugs 30 wirkenden - Aufstandskraft  $F_A$  an einem Rad 31 wird das entsprechende Rad 31 mit der Hebe-/ Senkvorrichtung 1 von der Prüfoberfläche 20 abgehoben, so daß die Meßeinrichtung 14 den entsprechenden Wert aufnimmt. Durch Ansteuern des Linearantriebs 10 kann das Rad 31 stufenlos angehoben werden, wobei von der Meßeinrichtung 14 die Haltekraft der Hebe-/Senkvorrichtung 1 ermittelt wird.

Durch Subtraktion dieser Haltekraft von der zuvor ermittelten - durch die Fahrzeugmasse bewirkte - Aufstandskraft  $F_A$  ergibt sich die am Reifen wirkende Aufstandskraft  $F_A$ . Diese auf die Prüfoberfläche 20 wirkende Aufstandskraft  $F_A$  begrenzt bei konstantem Reibungskoeffizienten die maximale Reibungskraft  $F_R$  zwischen Rad/Reifen 31 und Prüfoberfläche 20 gemäß der Gleichung

$$F_R = F_A \cdot \text{Reibungskoeffizient.}$$

Die maximale Reibungskraft  $F_R$  entspricht der maximal möglichen Zugkraft  $F_Z$  die durch dieses Rad 31 übertragen werden kann.

Wird der Reifen bzw. das Rad 31 durch die Prüfrolle 20 mit einer höheren Brems- oder Antriebskraft belastet, so setzt Schlupf zwischen Reifen 31 und Prüfrolle 20 ein, d. h. die Umfangsgeschwindigkeiten von Reifen 31 und Prüfrolle 20 sind unterschiedlich. Die übertragbare Reibungskraft wird in diesem Fall durch den niedrigeren Gleitreibungskoeffizienten bestimmt, so daß der Reifen 31 nur noch einen Bruchteil der maximalen Brems- oder Antriebskraft und Seitenkraft auf die Prüfrolle 20 übertragen kann. Im realen Straßenverkehr verlängert sich dadurch beispielsweise der Bremsweg und/oder das Fahrzeug kann durch Seitenwind von seiner Fahrtrichtung abgebracht werden, wodurch gefährliche Unfälle verursacht werden können.

Am Prüfstand kann die maximale Zugkraft des Reifens 31 auf der Prüfoberfläche 20 gemessen werden und anhand der bekannten bzw. vorbestimmt eingestellten Aufstandskraft läßt sich der Reibungskoeffizient berechnen. Für die Berechnung des Reibungskoeffizienten sowie zum Ansteuern der Hebe-/Senkvorrichtung 1 und/ oder zum Regeln der Haltekraft der Hebe-/Senkvorrichtung 1 zur Einstellung der an der Prüfrolle 20 wirkenden Aufstandskraft  $F_A$  kann eine eigene Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung vorgesehen werden oder die Prüfstandssteuerung/-regelung verwendet werden.

Werden für die Hebe-/Senkvorrichtung 1 separate Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtungen vorgesehen, so können diese unkompliziert in eine Prüfstandssteuerung/-regelung eingebunden werden und es ist möglich die Reibungsverhältnisse eines Rades 31 auf vorgegebene Prüfprogramme der Prüfrolle 20 abgestimmt zu verändern.

Vorzugsweise wird an jedem angetriebenen Rad 31 eine Hebe-/Senkvorrichtung 1 vorgesehen.

Mit der Hebe-/Senkvorrichtung 1 ist es auch möglich, die Radnabe bzw. das Rad 31 abzusenken, so daß die Aufstandskraft  $F_A$  und damit verbunden die Reibungs- $F_R$  bzw. Zugkraft  $F_Z$  vorbestimmbar erhöht wird, wie dies beispielsweise an der kurvenäußeren Spur eines Fahrzeugs 30 der Fall ist.

Um die am Rad/Reifen 31 übertragbare Seitenkraft  $F_S$  bei vorgegebener Aufstandskraft  $F_A$  zu ermitteln, kann für die Seitenverstellrichtung X ein ansteuerbarer Verstellantrieb vorgesehen werden, der während der Antriebs- oder Bremsbelastung mit einstellbarer Kraft seitlich auf das Rad 31 wirken kann.

Als Linearantriebe für die Hebe-/Senkvorrichtung 1 kommen alle ansteuerbaren sowie regelbaren Antriebe in Frage, wie servo-elektrische oder servo-hydraulische

als auch Linearmotoren. Für stationäre Schlupfversuchsläufe sind auch manuelle Verstelleinrichtungen, wie Verstellspindeln denkbar.

5 Um bei Testabläufen zusätzlich den Reibungskoeffizienten zu verändern/variiieren, können am Prüfstand Mittel, wie Düsen, Schläuche oder ähnliche Zuführungen, zum Zuführen von Flüssigkeiten zwischen den Reifen 31 und der Prüfro-  
10 lle 20 vorgesehen werden.

Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die Drehachsen für die Freiheitsgrade, wie Sturzwinkel oder Spur, gegenüber den entsprechenden Achsen am Fahrwerk versetzt, so daß sich das Fahrzeug 30 z.B. bei Lenkeinschlägen auf der Prüfoberfläche 20 etwas versetzt. Um dies zu Verhindern, ist es  
10 möglich die Lenker 5 so an der Lagereinheit 4 anzulenken, daß Momentanpole entstehen, welche auf die zugehörigen Drehachsen des Fahrwerkes fallen.

Ein wesentlicher Kern der Erfindung ist es, zur Beeinflussung der maximalen Zugkraft eines Reifens auf einer Prüfro-  
15 lle dessen Aufstandskraft in vorbestimmter Weise zu verändern.

**Bezugszeichenliste**

	1	Hebe-/Senkvorrichtung
	2	Radadapter
	3	Achse
5	4	Lagereinheit
	5	Lenker
	6	Gelenkbock
	7	Halterung
	8	Linearführung
10	9	Stützbock
	10	Linearantrieb
	11	Spindel
	12	Grundplatte
	13	Befestigungsmittel
15	14	Kraftmeßdose
	15	Drehachse
	16	Schwenkachse
	17	Verstelleinrichtung
20	20	Prüfrolle (Flachbahn)
	30	Fahrzeug
	31	Rad
25	X	Seitenverstellrichtung
	Y	Höhenverstellrichtung
	R	Fahrtrichtungen
	$F_R$	Reibungskraft
	$F_A$	Aufstandskraft/Radlast
30	$F_Z$	Zugkraft
	$F_S$	Seitenkraft



## Zusammenfassung

### Verfahren und Vorrichtung zur Schlupfsimulation auf Fahrzeugprüfständen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schlupfsimulation auf Fahrzeugprüfständen mit einem, auf einer Prüfeinrichtung (20) - wie einer Prüfrolle oder Flachbahn - abrollenden Fahrzeugrad (31) und löst die Aufgabe zur Veränderung der Reibungskraft zwischen einem Rad und einer Prüfoberfläche nicht notwendigerweise den Reibungskoeffizienten verändern zu müssen.

Die Erfindung sieht dafür Mittel (1) vor, durch die sich Aufstandskraft  $F_A$  eines Rades (31) in vorbestimmbare Weise verändern läßt, indem die Radaufstandskraft  $F_A$  bei sich drehendem Rad (31) in vorbestimmter Weise vom Reifen auf eine Vorrichtung verlagert wird.

(Fig. 1)

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Schlupfsimulation - entsprechend der Gleichung  
$$F_R = F_A \cdot \text{Reibungskoeffizient}$$
 - auf Fahrzeugprüfständen mit einem, auf einer  
5 Prüfeinrichtung (20) - wie einer Prüfrolle oder Flachbahn - abrollenden Fahrzeugrad (31), dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (1) vorgesehen sind, die Aufstandskraft  $F_A$  eines Rades (31) in vorbestimmbare Weise zu verändern.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel für die  
10 Veränderung der Aufstandskraft  $F_A$  eines Rades (31) eine Hebe-/Senkvorrichtung (1) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nabe eines Rades (31) durch die Hebe-/Senkvorrichtung (1) höhenverstellbar ist und das Rad (31) dabei drehbar ist.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch  
15 gekennzeichnet, daß die Hebe-/Senkvorrichtung (1) hydraulisch, elektrisch oder durch Linearmotoren gesteuert und/oder geregelt antreibbar ist und Meßmittel (14) zur Aufnahme der Haltekraft vorgesehen sind.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch  
20 gekennzeichnet, daß die Hebe-/Senkvorrichtung (1) das Rad (31) in Fahrtrichtung und in seitlicher Richtung fixiert, wobei die Hebe-/Senkvorrichtung (1) Freiheitsgrade für Spur/Lenkeinschlag und/oder Sturz des Rades (31) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Hebe-/Senkvorrichtung (1) über einen Radadapter (2) mit dem Rad (31) koppelbar ist und der Radadapter (2) drehbar in einer Lagereinheit (4) angeordnet ist, welche um eine Schwenkachse (3) drehbar ist und über Lenker (5) an einer Halterung (7) angeordnet ist, die in Gelenkböcken (6) schwenkbar gelagert ist, wobei die Gelenkböcke (6) in Linearführungen (8) beweglich sind und durch Linearantriebe (10) vorbestimmbar anhebbar oder absenkbar sind und die Linearführungen (8) sowie Linearantriebe (10) auf einem Stützbock (9) angeordnet sind, welcher mittels einer Grundplatte (12) am Untergrund befestigbar ist.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Mittel zur Veränderung des Reibungskoeffizienten vorgesehen sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Veränderung des Reibungskoeffizienten Düsen zum Einbringen von Wasser zwischen Reifen (31) und Prüfoberfläche (20) vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß für die Hebe-/Senkvorrichtung (1) eine Steuerungs-/Regelungseinrichtung vorgesehen ist, welche in die Steuerungs-/Regelungseinrichtung eines Prüfstandes einbindbar ist oder die Hebe-/Senkvorrichtung (1) durch die Steuerungs-/Regelungseinrichtung des Prüfstandes steuerbar und/oder regelbar ist.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren vorangehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Rad (31) eines Fahrzeugs (30) eine Hebe-/Senkvorrichtung (1) zugeordnet ist und die Hebe-/Senkvorrichtungen (1) über eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung miteinander verschaltet sind.

11. Verfahren zur Schlupfsimulation an Fahrzeugrädern (31), welche auf Prüfeinrichtungen (20), wie Prüfrollen oder Flachbahnen abrollen, dadurch gekennzeichnet, daß die Radaufstandskraft  $F_A$  in vorbestimmbare Weise vom Reifen auf eine Vorrichtung verlagert wird, indem die Radnabe bei sich drehendem Rad (31) von der Vorrichtung angehoben wird.
12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst die vom Fahrzeug (30) auf das Rad (31) ausgeübte Radaufstandskraft  $F_A$  durch Abheben des Rades (31) von der Prüfeinrichtung (20) vollständig auf die Vorrichtung verlagert wird und ihr Betrag mittels einer Meßeinrichtung ermittelt wird und dann mit bekannter Radaufstandskraft  $F_A$  die an der Prüfeinrichtung (20) übertragbare Zugkraft  $F_Z$  ermittelt wird - welche der Reibungskraft  $F_R$  entspricht - und mit der Gleichung
- $$F_R = F_A * \text{Reibungskoeffizient} = F_Z$$
- der Reibungskoeffizient errechnet wird und danach durch gesteuerte und/oder geregelte Einstellung der Haltekraft an der Vorrichtung die übertragbare Zugkraft  $F_Z$  zwischen Rad (31) und Prüfeinrichtung (20) eingestellt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Zugkraft  $F_Z$  durch eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung entsprechend einem vorgegebenen Testprogramm verändert wird.
14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich der Reibungskoeffizient verändert wird.

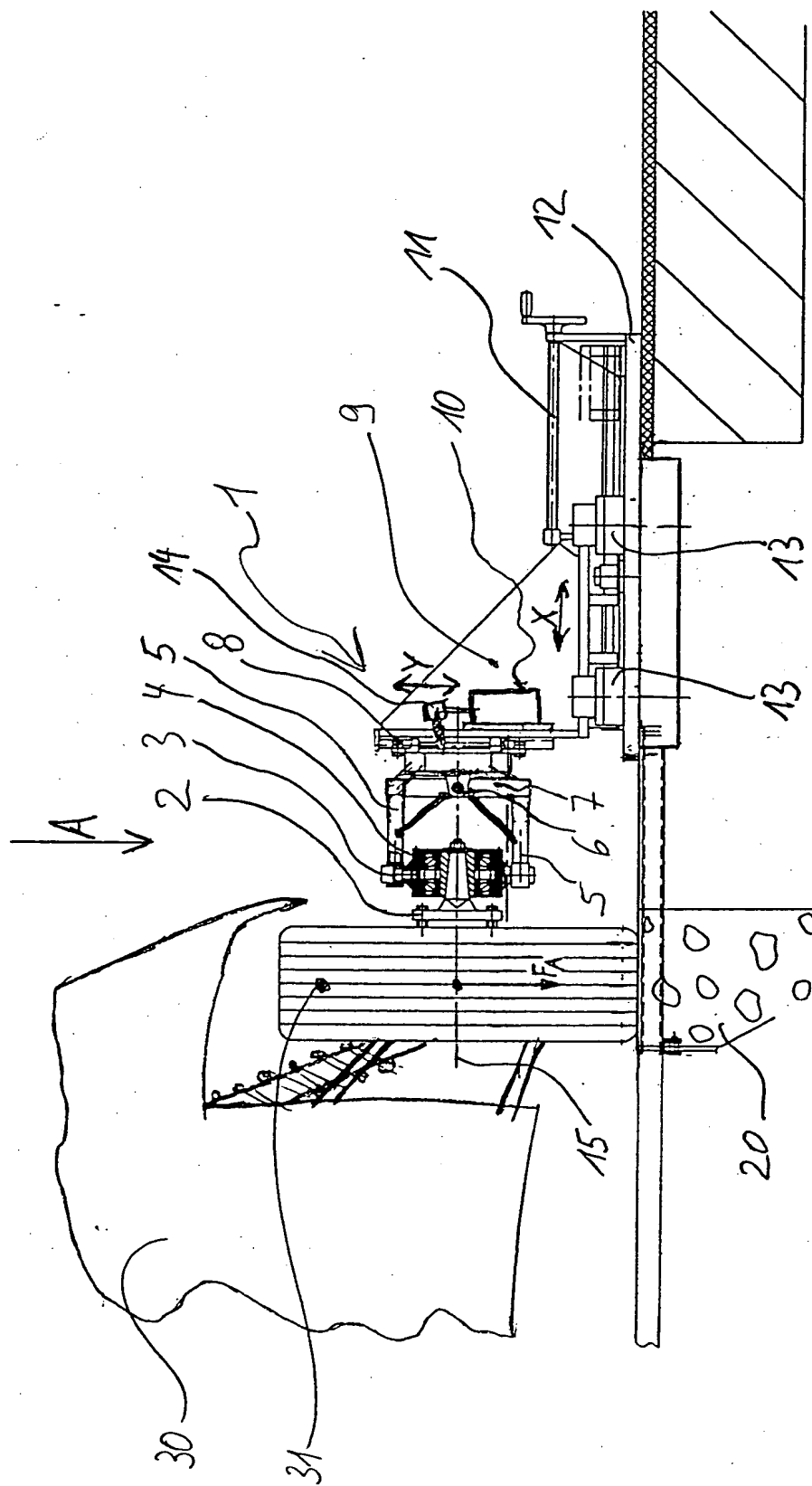


Fig. 1

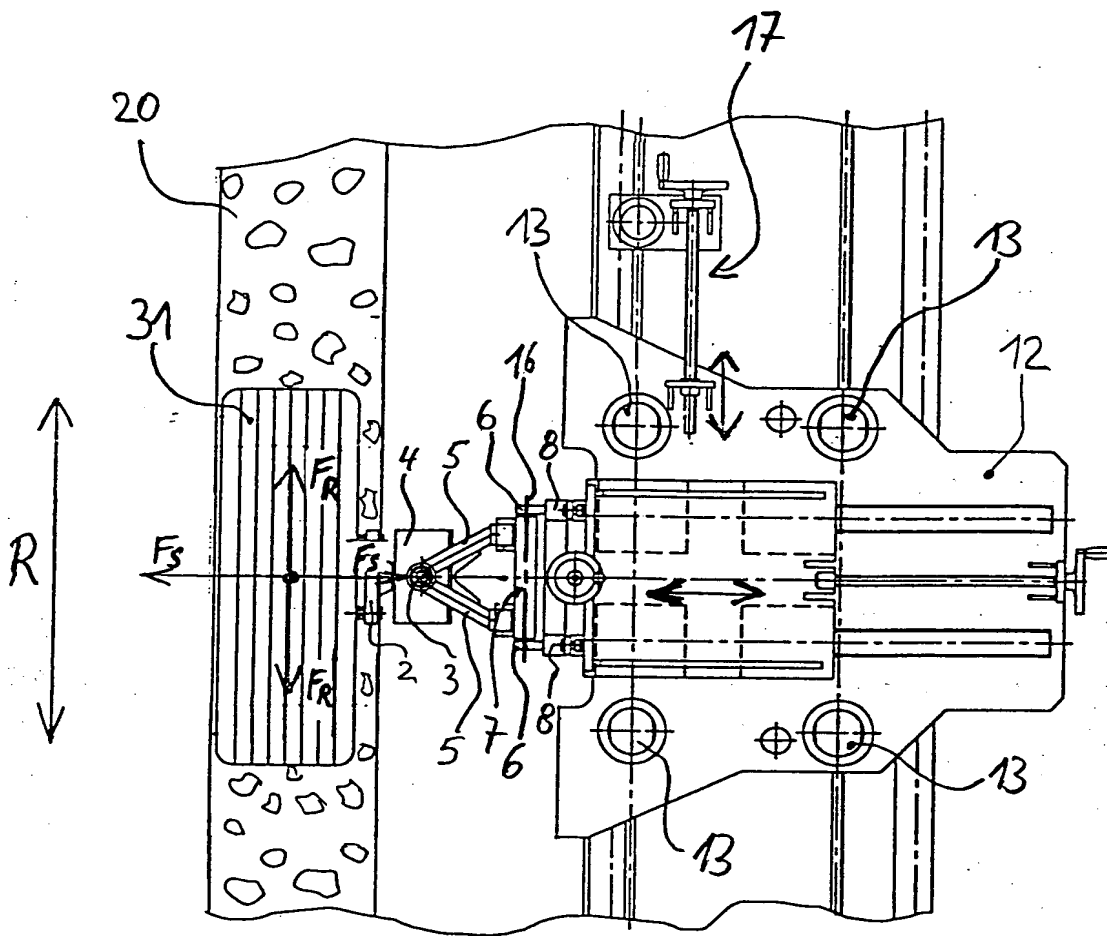


Fig. 2 (Ansicht A)